

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Air Buangan**

Air buangan merupakan kombinasi dari cairan dan sampah-sampah (Metcalf and Eddy, 1991). Air buangan merupakan cairan yang telah dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri, layanan kesehatan, tempat pendidikan, dan tempat-tempat umum lainnya. Air buangan pada umumnya mengandung bahan-bahan pencemar yang berbahaya. Bahan berbahaya yang terkandung dalam air buangan mampu mengganggu kesehatan makhluk hidup dan kelestarian lingkungan.

#### **2.2 Sumber Air Buangan**

Secara garis besar air limbah berasal dari tiga sumber yaitu air buangan domestik, air buangan komersial, dan air buangan industri (Said, 2016).

a. Air buangan domestik

Air buangan domestik atau air buangan rumah tangga dapat dibagi menjadi dua yaitu air limbah toilet (black water) dan air limbah non-toilet (grey water). Air limbah toilet terdiri dari tinja, air kencing serta bilasan, sedangkan air limbah non-toilet berasal dari air mandi, air limbah cucian, air limbah dapur, wastafel, dan lainnya.

b. Air buangan komersial

Air buangan komersial berasal dari fasilitas umum seperti perkantoran, pertokoan, sekolah, hotel, dan tempat umum lainnya.

c. Air buangan industri

Selain menghasilkan produk yang bermanfaat, industri juga menghasilkan limbah yang berbahaya. Air buangan yang berasal dari industri sangat bervariasi tergantung dari jenis industrinya. Untuk mengetahui jumlah dan beban polutan yang ada dalam air buangan industri dapat dilakukan dengan cara mengukur secara langsung memperkirakan berdasarkan jenis industri yang sejenis.

#### **2.3 Karakteristik air buangan**

Setiap industri mempunyai jenis karakteristik yang berbeda-beda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014, limbah cair industri minuman ringan mempunyai karakteristik dan baku mutu antara lain :

**a. BOD (Biological Oxygen Demand)**

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri aerobik melalui proses biologis (biological oxidation) secara dekomposisi aerobik. Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan salah satu empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua senyawa organik yang terlarut dan yang sebagian tersuspensi di dalam air. (Alaerth dan Santika, 1987).

Kandungan BOD air buangan Industri Minuman Ringan ini adalah 700 mg/l, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan BOD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 60 mg/l.

**b. TSS (Total Suspended Solid)**

TSS adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya. Sebagai contoh, air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk suspensi yang dapat tahan sampai berbulan-bulan, kecuali jika keseimbangannya terganggu oleh zat-zat lain, sehingga mengakibatkan terjadinya penggumpalan yang kemudian diikuti dengan pengendapan (Fardiaz, 1992)

Standart Baku Mutu TSS yang diijinkan adalah 36 mg/l. TSS yang dihasilkan pada Industri Minuman Ringan ini adalah sebesar 420 mg/l.

**c. Minyak dan Lemak**

Minyak dan lemak merupakan salah satu parameter bahan organik yang menjadi perhatian, karena kandungan dalam perairan menyebabkan kualitas air turun. Sebagian minyak dan lemak mengalami degradasi melalui fotooksidasi spontan dan oksidasi oleh mikroorganisme. Penguraian minyak dan lemak dalam kondisi yang kurang oksigen mengakibatkan bau tengik pada air, hal tersebut terjadi karena faktor penguraian yang tidak sempurna. Kandungan minyak dan lemak yang berlebih memiliki dampak yang nyata terhadap air yaitu dapat mengurangi penetrasi cahaya

dan oksigen terhadap permukaan air sehingga mengakibatkan laju proses fotosintesa berkurang (Hendrawan, 2008)

Kandungan Minyak dan Lemak air buangan Industri Minuman Ringan ini adalah 17 mg/l, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan Minyak dan Lemak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 7,2 mg/l.

**d. pH**

Konsentrasi ion hidrogen atau yang biasa disebut derajat keasaman (pH) merupakan parameter yang penting baik untuk air maupun air limbah. pH memiliki definisi logaritma negatif pada konsentrasi ion hidrogen.

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Air limbah dengan pH yang ekstrim sulit untuk pengolahan secara biologis dan jika tidak dilakukan penetralan pH sebelum air limbah diolah akan mengubah kondisi di perairan alami. (Metcalf- Eddy, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup> edition, hal 57)

pH air buangan Industri Minuman Ringan ini adalah 9,8, sedangkan baku mutu yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah dalam batas 6-9. (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014).

## **2.4 Bangunan pengolah Air Buangan**

Bangunan pengolahan air buangan mempunyai kelompok tingkat pengolahan, pengolahan air buangan dibedakan sebagai berikut.

### **2.4.1 Pengolahan pendahuluan (Pre Treatment)**

Proses pengolahan ini merupakan proses pada awal pengolahan yang dilakukan untuk membersihkan dan menghilangkan sampah terapung dari pasir agar mempercepat proses pengolahan selanjutnya. Unit pengolahan ini meliputi :

**a. Saluran pembawa**

Saluran Pembawa adalah saluran yang mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolah air limbah lainnya. Saluran pembawa memiliki 2 bentuk yaitu persegi dan lingkaran. Saluran pembawa yang berbentuk persegi maupun lingkaran ini biasa terbuat dari dinding berbahan beton. Saluran ini mampu mengalirkan air dengan memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Dan disetiap 10 meter saluran pembawa terdapat bak

kontrol yang akan mengontrol debit yang dikeluarkan. Air tidak akan mengalir jika saluran tersebut datar, maka di butuhkan kemiringan.

**Tabel 2.1** Kriteria perencanaan

Kriteria perencanaan	Nilai
Kecepatan aliran (v)	0,2 m/s – 0,8 m/s
Koefisien Manning (n)	0,013
Freeboard (fb)	5 % - 30 % kedalaman

(Sumber: Chow, Ven Te. 1959. *Open Channel Hydraulics*, hal 27. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)

Rumus .

- Luas Permukaan (A)

$$A = \frac{Q}{v}$$

dengan :

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m<sup>2</sup> )

Q = Debit Limbah (m<sup>3</sup> /s)

v = Kecepatan fluida dalam Saluran Pembawa (m/s)

- Kedalaman Saluran (H)

$$H = \frac{A}{B}$$

dengan :

H = kedalaman air dalam saluran pembawa (m)

A = luas permukaan saluran pembawa (m<sup>2</sup> )

B = Lebar saluran pembawa (m)

- Kedalaman total (H total)

$$H_{total} = H + (\%Fb \times H)$$

dengan :

H = kedalaman air dalam saluran pembawa (m)

Fb = 5 – 30% ketinggian

- Cek kecepatan

$$v = \frac{Q}{A}$$

dengan :

v = Kecepatan fluida dalam Saluran Pembawa (m/s)

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m<sup>2</sup> )

Q = Debit Limbah (m<sup>3</sup> /s)

- Jari-jari Hidrolis

$$R = \frac{B \times H}{B + 2H}$$

dengan :

R = Jari-jari hidrolis (m/s)

B = Lebar (m)

H = Kedalaman air dalam saluran pembawa

- Slope Saluran

$$S = \left( \frac{n \cdot v}{R} \right)^2$$

dengan :

S = Kemiringan saluran (m/m)

n = koefisien kekasaran Manning

v = Kecepatan fluida dalam Saluran Pembawa (m/s)

R = jari jari Hidrolis (m)

- Headloss saluran

$$H_f = S \times L$$

dengan :

H<sub>f</sub> = Headloss saluran (m)

S = slope saluran (m/m)

L = panjang saluran (m)

## b. Screen

Unit pengolahan pertama yang biasa digunakan pada proses pengolahan air buangan adalah screening. Screen merupakan sebuah alat berongga yang memiliki ukuran seragam yang digunakan untuk menahan padatan yang ada pada influent air buangan agar tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2003).

Prinsip dari screening adalah untuk menghilangkan material kasar yang terdapat pada aliran air buangan yang dapat menyebabkan :

- Kerusakan pada alat pengolahan,
- Mengurangi efektifitas pengolahan dan biaya pada proses pengolahan,
- Kontaminasi pada aliran air (Metcalf & Eddy, 2003).



(a)

(b)

**Gambar 2.1** Bar Screen dengan pembersihan manual (a) dan mekanik (b)

**Tabel 2.2** Kriteria Perencanaan Coarse Screen

Parameter	U.S Customary Units			SI Units		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanis	Unit	Manual	Mekanis
Ukuran Batang						
Lebar	In	0,2-0,6	0,2-0,6	mm	5,0-15	5,0-15
Kedalaman	In	1,0-1,5	1,0-1,5	mm	25-38	25-38
Jarak Antar Batang	In	1,5-2,0	0,3-0,6	mm	25-50	15-75
Kemiringan terhadap vertikal	°	30-45	0-30	°	30-45	0-30
Kecepatan						
Maksimum	Ft/s	1,0-2,0	2,0-3,25	m/s	0,3-0,6	0,6-1,0
Minimum	Ft/s		1,0-1,6	m/s		
Headloss	In	6	6-2,4	mm	150	150-600

**Sumber:** *Metchalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, Fourth Edition, hlm 316*

Rumus yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut:

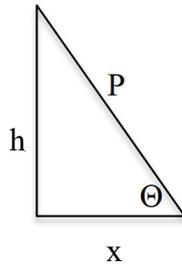
- Tinggi *Bar Screen*

$$H_{sal} = H_{air} + \text{Freeboard}$$

dengan:

$$H_{sal} = \text{tinggi saluran (m)}$$

- Dimensi Bar Screen



Panjang kisi (P)

$$P = \frac{h}{\sin\theta}$$

$$X = P \times \cos\theta$$

dengan:

$\theta$  = sudut kemiringan kisi

h = tinggi bar screen (m)

x = jarak kemiringan kisi (m)

- Jumlah kisi

$$W_s = n \cdot d + (n+1) r$$

dengan:

$W_s$  = lebar saluran (m)

n = jumlah kisi

d = lebar kisi (m)

r = jarak antar kisi (m)

- Lebar bukaan kisi

$$W_c = W_s - n d$$

dengan:

$W_c$  = lebar bukaan kisi (m)

$W_s$  = lebar saluran (m)

n = jumlah kisi

d = lebar kisi (m)

- Kecepatan yang melalui screen

$$V_i = \frac{Q}{W_c \cdot h}$$

dengan:

$V_i$  = kecepatan yang melalui screen (m/s)

$Q$  = debit limbah (m<sup>3</sup>/s)

$W_c$  = lebar bukaan kisi (m)

$h$  = tinggi bar screen (m)

- *Headloss pada bar screen*

$$H_f = \frac{1}{c} \times \left( \frac{v_i^2 - v^2}{2 \times g} \right)$$

dengan:

$H_f$  = *Headloss* (m)

$c$  = Koef. Saat *non Clogging*

$v_i$  = Kecepatan yang melalui *screen* (m/s)

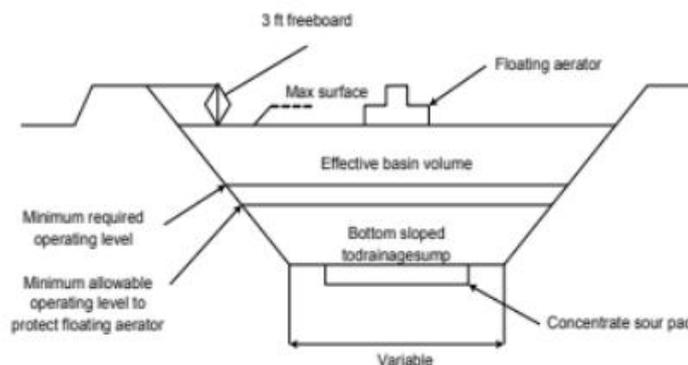
$v$  = kecepatan perencanaan (m/s)

## 2.4.2 Pengolahan Primer (Primary Treatment)

Pada proses pengolahan tahap pertama ini, proses penghilangan polutan yang dilakukan secara fisika dan kimia. Pada proses ini bertujuan untuk menghilangkan zat padat maupun gas yang tercampur melalui proses fisika dan kimia.

### a. Bak Ekualisasi

Berfungsi untuk mengendapkan butiran kasar dan merupakan unit penyeimbang, sehingga debit dan kualitas air buangan yang masuk ke instalasi pengolahan dalam keadaan seimbang dan tidak berfluktuasi.



**Gambar 2.2** Potongan Memanjang Bak Ekualisasi

### b. Netralisasi

Air buangan industri dapat bersifat asam atau basa/alkali, maka sebelum diteruskan ke badan air penerima atau ke unit pengolahan secara biologis dapat

optimal. Pada sistem biologis ini perlu diusahakan supaya pH berbeda diantara nilai 6,5-8,5. Sebenarnya pada proses biologis tersebut kemungkinan akan terjadi netralisasi sendiri dan adanya suatu kapasitas buffer yang terjadi karena ada produk  $\text{CO}_2$  dan bereaksi dengan kaustik dan bahan asam.

Larutan dikatakan asam bila :  $\text{H}^+ > \text{H}^-$  dan  $\text{pH} < 7$

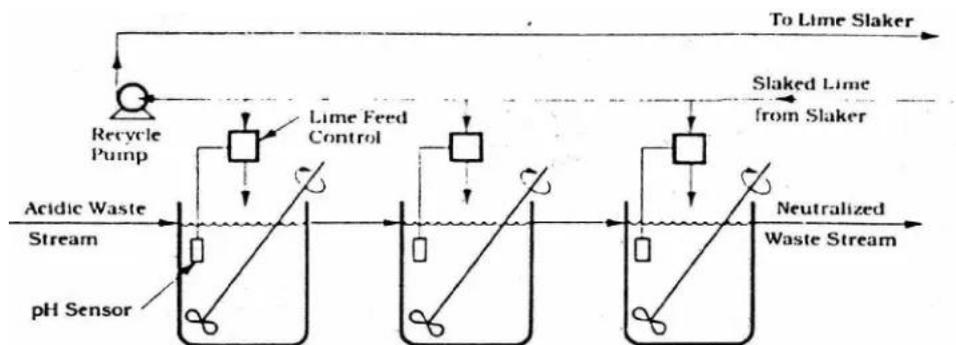
Larutan dikatakan netral bila :  $\text{H}^+ = \text{H}^-$  dan  $\text{pH} = 7$

Larutan dikatakan basa bila :  $\text{H}^+ < \text{H}^-$  dan  $\text{pH} > 7$

Ada beberapa cara menetralkan kelebihan asam dan basa dalam limbah cair, seperti :

- Pencampuran limbah.
- Melewatkan limbah asam melalui tumpukan batu kapur.
- Pencampuran limbah asam dengan Slurry kapur.
- Penambahan sejumlah  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  atau  $\text{NH}_4\text{OH}$  ke limbah asam.
- Penambahan asam kuat ( $\text{H}_2\text{SO}_4, \text{HCl}$ ) dalam limbah basa.
- Penambahan  $\text{CO}_2$  bertekanan dalam limbah basa.
- Pembangkitan  $\text{CO}_2$  dalam limbah basa.

Adapun prinsip pencampuran di dalam bak netralisasi seperti pada gambar di bawah ini.

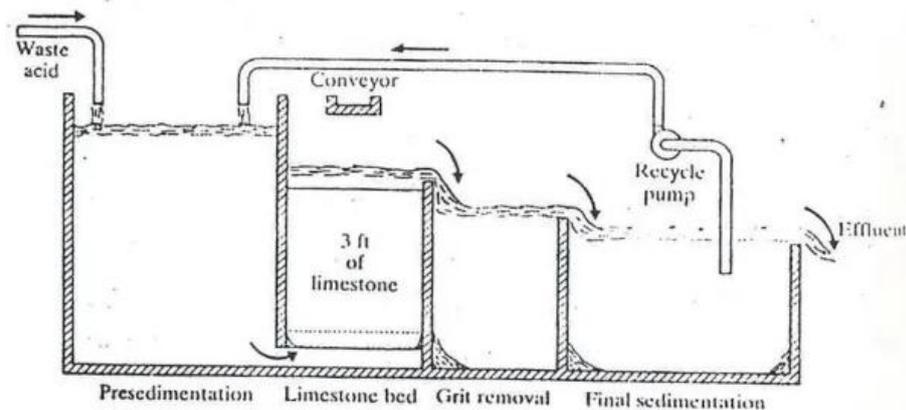


**Gambar 2.3** Prinsip pencampuran dalam bak netralisasi

#### 1) Mengalirkan air limbah yang bersifat asam pada media batu kapur

Teknik ini merupakan teknik yang menggunakan sistem aliran ke bawah atau ke atas. Kecepatan hidrolis maksimum yang dapat digunakan untuk sistem aliran ke bawah adalah  $1 \text{ gal/min.ft}^2$  ( $4,07 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{min.m}^2$ ) dengan konsentrasi larutan asam yang dapat diolah dibatasi pada 0,6%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Kehadiran Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) berfungsi untuk menghambat proses pelapisan pada butiran kapur yang sarat akan bahan  $\text{CaSO}_4$  &  $\text{CO}_2$ , sehingga proses netralisasi dapat berjalan secara maksimal.

Larutan yang lebih pekat akan membutuhkan waktu tinggal yang lebih lama guna menghasilkan proses netralisasi yang maksimal. Untuk aliran ke atas, kecepatan hydraulic loading dapat ditingkatkan karena hasil dari reaksi dijaga sebelum adanya pengendapan. Karena pengaturan tingkat keasaman (pH) pada sistem ini sangat bergantung pada kedalaman batuan, maka sistem ini hanya dapat digunakan pada air buangan yang memiliki debit yang relatif konstan. Sistem ini dapat dilihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 2.4** Netralisasi dengan melewati air limbah melalui batu kapur

## 2) Mencampur air limbah yang bersifat asam dengan basa

Proses netralisasi limbah yang bersifat asam dengan mencampurkan limbah tersebut dengan senyawa basa sangat bergantung pada jenis senyawa basa yang digunakan. Senyawa magnesium merupakan senyawa basa yang sangat reaktif dalam proses netralisasi asam kuat apabila digunakan pada pH di bawah 4,2. Netralisasi dengan menggunakan bahan basa dapat didefinisikan berdasarkan faktor titrasi dalam 1 gram sampel dengan HCl yang dididihkan selama 15 menit kemudian dititrasi lagi dengan 0,5 N NaOH dengan menggunakan indikator phenolphthalein (pp) pada titik akhir. (W. Wesley Eckenfelder, 2000).

Pada proses pencampuran menggunakan senyawa basa, reaksi dapat dipercepat dengan melakukan pemanasan dan pengadukan secara fisik. Pada proses reaksi yang cepat, reaksi netralisasi dapat terjadi secara penuh hanya dalam 10 menit. Penyimpanan senyawa basa beberapa jam sebelum digunakan akan sangat menguntungkan guna mempersingkat waktu reaksi yang dibutuhkan. Senyawa basa yang dapat digunakan sebagai bahan netralisasi diantaranya adalah Natrium Hidroksida (NaOH), Dinatrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) atau Ammonium Hidroksida ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ).

### 3) Mencampur air limbah yang bersifat basa dengan asam

Berlawanan dengan proses netralisasi limbah asam dengan proses pencampuran dengan senyawa basa, maka banyak bahan asam kuat yang dinilai efektif guna menetralkan air limbah yang bersifat basa. Jenis senyawa basa yang biasanya digunakan, akan tetapi apabila ditinjau berdasarkan dana yang dibutuhkan, jenis senyawa asam yang paling sering digunakan adalah Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) atau Asam Klorida ( $HCl$ ). Reaksi netralisasi limbah yang bersifat basa dengan cara pencampuran dengan senyawa yang bersifat asam pada umumnya bersifat instan dan cepat. (W. Wesley Eckenfelder, 2000)

Tidak hanya menggunakan senyawa yang berwujud cair, gas yang memiliki unsur karbon dioksida ( $CO_2$ ) sebanyak 14% dapat digunakan untuk proses netralisasi dengan cara melewatkan gelembung-gelembung gas tersebut melalui air limbah. Saat dialirkan pada limbah yang bersifat asam, gas Karbon dioksida ( $CO_2$ ) akan membentuk asam karbonat ( $HCO$ ) yang dapat bereaksi dengan limbah yang bersifat basa. Reaksi ini memang terbilang cukup lambat, akan tetapi efektif untuk menghasilkan pH antara 7 hingga 8. Cara lain yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan spray tower yang mengalirkan gas karbon dioksida ( $CO_2$ ) yang terdapat pada cerobong asap menuju limbah yang bersifat basa. (W. Wesley Eckenfelder, 2000).

Memang terdapat beberapa netralisan yang dapat digunakan sebagai senyawa untuk proses netralisasi pada bangunan netralisasi, akan tetapi dalam menentukan senyawa netralisan yang tepat perlu mempertimbangkan beberapa hal, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan Reaksi.
2. Kemungkinan pembentukan sludge dan proses pembuangannya.
3. Keamanan dalam proses penambahan senyawa kimia serta keamanan dalam proses penyimpanan senyawa kimia tersebut.
4. Kebutuhan dana yang mencakup kebutuhan senyawa kimia, proses pembubuhan dan peralatan yang dibutuhkan.
5. Kemungkinan terjadinya reaksi samping, seperti terbentuknya garam (termasuk garam-garam terlarut), terbentuknya scaling, dan terjadinya peningkatan suhu dalam proses reaksi.
6. Kemungkinan dampak apabila terjadi kelebihan pembubuhan senyawa kimia. (W. Wesley Eckenfelder, 2000)

Dalam proses netralisasi, terdapat dua sistem yang digunakan dalam menjalankan prosesnya. Sistem-sistem tersebut diantaranya sebagai berikut :

- Sistem batch biasa digunakan pada air limbah yang memiliki debit lebih kecil dari 380 m<sup>3</sup>/hari
- Sedangkan sistem continue membutuhkan pengaturan tingkat keasaman (pH). Apabila udara diperlukan untuk proses pengadukan maka aliran udara minimum yang dibutuhkan berkisar antara 1-3 ft<sup>3</sup>/mm.ft<sup>2</sup> atau 0,3-0,9 m<sup>3</sup>/mm.m<sup>2</sup> dengan kedalaman 9 ft (2,7 m). Apabila sistem pengadukan dilakukan secara mekanis, daya yang dibutuhkan berkisar antara 0,2-0,4 hp/ribu.gal (0,04 - 0,08 kW/m<sup>3</sup>). (W. Wesley Eckenfelder, 2000)

Rumus yang digunakan :

a. Dosis dibawah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

$$\frac{Y(mg)}{Vair(lt)} \times \frac{1}{BM(gr/grmol)} \times \frac{1}{10^3(mg/gr)}$$

dengan:

Y = Dosis kebutuhan chlor

V = Volume air

BM = Berat mol

b. Reaksi : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → 2H<sup>+</sup> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

c. Dissolved Air Flotation (DAF)

DAF adalah proses penyisihan minyak dan lemak yang melibatkan proses pemecahan emulsi di dalamnya. Dalam prosesnya, emulsi pada minyak dan lemak pada limbah dapat dipecahkan menggunakan berbagai cara, diantaranya proses pemanasan, destilasi, pelepasan gelembung udara, pembubuhan senyawa kimia, sentrifugasi, hingga filtrasi. Diantara proses tersebut, proses ultrafiltrasi merupakan proses yang paling efektif dalam memisahkan minyak dan asam lemak dari limbah industri yang diolah.

Pada sistem (DAF), udara dilarutkan didalam cairan di bawah tekanan beberapa atmosfer sampai jenuh, kemudian dilepaskan ke tekanan atmosfer. Akibat terjadinya perubahan tekanan maka udara yang terlarut akan lepas kembali dalam bentuk gelembung yang halus (30-120 mikron).

Ukuran gelembung udara sangat menentukan dalam proses flotasi, makin besar ukuran gelembung udara, kecepatan naiknya juga makin besar, sehingga kontak antara

gelembung udara dengan partikel tidak berjalan dengan baik. Dengan demikian proses flotasi menjadi tidak efektif.

### **2.4.3 Pengolahan Sekunder (Secondary Treatment)**

Pengolahan kedua umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Pada proses ini dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran, jenis kekotoran, dan lain sebagainya (Sugiharto, 1987).

#### **a. Activated Sludge**

Lumpur aktif (activated sludge) adalah proses pertumbuhan mikroba tersuspensi yang pertama kali dilakukan di Inggris pada awal abad 19. Sejak itu proses ini diadopsi seluruh dunia sebagai pengolah air limbah domestik sekunder secara biologi. Proses ini pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, NH<sub>4</sub>. dan sel biomassa baru. Udara disalurkan melalui pompa blower (diffused) atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangki penjernihan.

Pengolahan air limbah pada umumnya dilakukan dengan menggunakan metode biologi. Proses pengolahan limbah dengan metode biologi adalah metode yang memanfaatkan mikroorganisme sebagai katalis untuk menguraikan material yang terkandung di dalam air limbah. Mikroorganisme sendiri selain menguraikan dan menghilangkan kandungan material, juga menjadikan material yang terurai tadi sebagai tempat berkembang biaknya. Metode pengolahan lumpur aktif (activated sludge) adalah merupakan proses pengolahan air limbah yang memanfaatkan proses mikroorganisme tersebut.

Dengan menerapkan sistem ini didapatkan air bersih yang tidak lagi mengandung senyawa organik beracun dan bakteri yang berbahaya bagi kesehatan. Air tersebut dapat dipergunakan kembali sebagai sumber air untuk kegiatan industri selanjutnya. Diharapkan pemanfaatan sistem daur ulang air limbah akan dapat mengatasi permasalahan persediaan cadangan air tanah demi kelangsungan kegiatan industri dan kebutuhan masyarakat akan air.

Air tersebut dapat dipergunakan kembali sebagai sumber air untuk kegiatan industri selanjutnya. Air daur ulang yang kami kerjakan dapat dimanfaatkan dengan aman untuk kebutuhan konsumsi air seperti cooling tower, boiler laundry, toilet flusher,

penyiraman tanaman, general cleaning, fish pond car wash dan kebutuhan air yang lainnya.

Pengaturan jumlah massa mikroba dalam sistem lumpur aktif dapat dilakukan dengan baik dan relatif mudah karena pertumbuhan mikroba dalam kondisi tersuspensi sehingga dapat terukur dengan baik melalui analisa laboratorium. Tetapi jika dibandingkan dengan sistem sebelumnya operasi sistem ini jauh lebih rumit. Khususnya untuk limbah industri dengan karakteristik tertentu.

Tujuan dari proses pengolahan menggunakan unit activated sludge yaitu untuk mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah prasedimentasi dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi.

Adapun jenis-jenis proses di dalam activated sludge, yaitu:

1. Konvensional

Pada sistem konvensional terdiri dari tangki aerasi, secondary clarifier dan recycle sludge. Selama berlangsungnya proses terjadi absorpsi, flokulasi dan oksidasi bahan organik.

2. Nonkonvensional

Sistem nonkonvensional terdiri dari :

- Step aerasi

Merupakan tipe plug flow dengan perbandingan F/M atau substrat dan mikroorganisme menurun menuju outlet. Inlet air buangan masuk melalui 3 - 4 titik di tangki aerasi dengan masuk untuk menetralkan rasio substrat dan mikroorganisme dan mengurangi tingginya kebutuhan oksigen dititik yang paling awal. Keuntungannya mempunyai waktu detensi yang lebih pendek

- Tapered Aerasi

Hampir sama dengan step aerasi, tetapi injeksi udara di titik awal lebih tinggi.

- Contact Stabilisasi

Pada sistem ini terdapat 2 tangki yaitu contact tank yang berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif dan reaeration tank yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang mengabsorb (proses stabilisasi).

- Pure Oxygen

Oksigen murni diinjeksikan ke tanki aerasi dan diresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganisme serta volumetric loading tinggi dan td pendek.

- High Rate Aeration

Kondisi ini tercapai dengan meninggikan harga rasio resirkulasi, atau debit air yang dikembalikan dibesarkan 1 - 5 kali. Dengan cara ini maka akan diperoleh jumlah mikroorganisme yang lebih besar.

- Extended Aeration

Pada sistem ini reaktor mempunyai umur lumpur dan time detention (td) lebih lama, sehingga lumpur yang dibuang atau dihasilkan akan lebih sedikit.

- Oxidation Ditch

Bentuk oksidation ditch adalah oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25 - 0,35 m/s. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengolahan limbah cair dengan lumpur aktif adalah sebagai berikut:

- Oksigen

Oksigen dibutuhkan ketika pengolahan terhadap air limbah dilakukan secara aerob. Tetapi untuk proses anaerob, kehadiran oksigen pada reaktor pengolahan limbah tidak diperbolehkan sehingga mikroorganisme yang digunakan untuk mendegradasi limbah adalah bakteri anaerob yang tidak membutuhkan oksigen.

- Nutrisi

Mikroorganisme akan menggunakan bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah cair sebagai makanannya, tetapi ada beberapa unsur kimia penting yang banyak digunakan sebagai nutrisi untuk pertumbuhan bakteri sehingga pertumbuhan bakteri optimal. Sumber nutrisi tersebut antara lain :

1) Makro nutrient.

Sumber makro nutrient yang sering ditambahkan antara lain adalah N, S, P, K, Mg, Ca, Fe, Na, dan Cl. Unsur nitrogen dan fosfor yang digunakan biasanya diperoleh dari urea dan TSP dengan perbandingan 5:1 (Metcalf & Eddy, 2004).

2) Mikro nutrient.

Sumber mikro nutrient yang penting antara lain adalah Zn, Mn, Mo, Se, Co, Cu, dan Ni . Penggunaan mikronutrient adalah 1-100 µg/L (Robert H. Perry, 1997). Karena jika terlalu

banyak justru merupakan racun bagi mikroorganisme. Penambahan mikronutrient Cu lebih dari 1 mg/L mengakibatkan efisiensi penurunan TOC menjadi menurun (Y.P. Ting, \*H. Imai and S. Kinoshita, 1994).

– Komposisi organisme

Komposisi mikroorganisme dalam lumpur aktif sangat menentukan baik atau tidaknya proses pengolahan yang dilakukan. Kondisi yang paling baik untuk pengolahan limbah dengan lumpur aktif adalah apabila populasi mikroorganisme yang dominan adalah free ciliata diikuti dengan stalk ciliata dan terdapat beberapa rotifera.

– pH

Kondisi pH lingkungan sangat berperan dalam pertumbuhan mikroorganisme terutama bakteri karena derajat keasaman atau kebasaaan akan mempengaruhi aktivitas enzim yang terdapat dalam sel bakteri. pH optimum untuk pertumbuhan bagi kebanyakan bakteri adalah antara 6.5- 7.5. Pergeseran pH dalam limbah cair dapat diatasi dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> atau NaOH maupun larutan kapur.

– Temperature

Pengaruh temperatur untuk pertumbuhan mikroorganisme terutama bakteri adalah terhadap proses kerja enzim yang berperan dalam sintesis bahan-bahan organik terlarut dalam limbah cair. Temperatur optimal dalam proses lumpur aktif untuk pertumbuhan bakteri adalah 32-36°C (Hammer, Mark J, 1931). Adapun parameter penting untuk design activated sludge adalah:

- F / M ratio. Merupakan perbandingan antara substrat (food) terhadap mikroorganisme (M) atau lebih tepatnya adalah perbandingan antara substrat (BOD) yang masuk ke tangki aerasi per satuan waktu dengan massa mikroorganisme di tangki aerasi.
- Rasio resirkular (R). Merupakan perbandingan antara debit lumpur yang dikembalikan ke tangki aerasi terhadap debit air yang diolah. Harga R tergantung pada jenis activated sludge yang digunakan.
- Konsentrasi BOD yang masuk ke tangki aerasi (C<sub>0</sub>).
- Waktu detensi (td). Td adalah lama waktu air limbah tinggal dalam tangki aerasi
- Volume bak aerasi (V).

**b. Bak Pengendap (*Clarifier*)**

Bak pengendap adalah bak yang digunakan untuk proses pengendapan partikel flokulen dalam suspensi, dengan pengendapan yang terjadi akibat interaksi antar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar sehingga

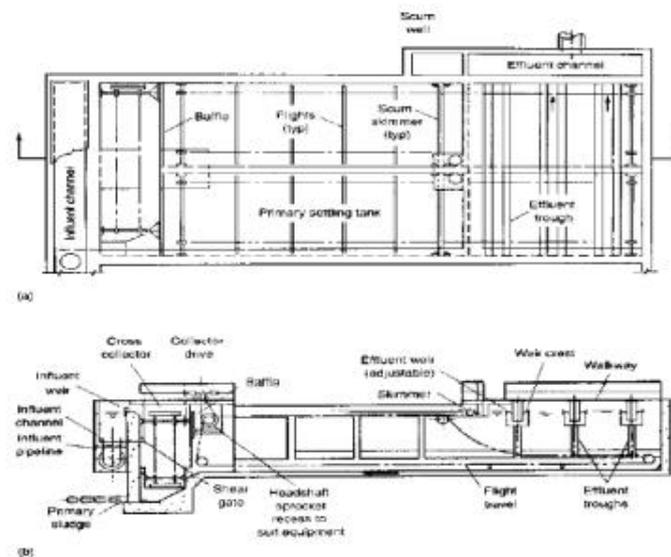
kecepatannya juga meningkat. Sebagai contoh ialah pengendapan koagulasi-flokulasi (Ali Masduqi dan Abdu F. Assomadi, 2012).

Bak pengendap pertama pada umumnya mampu menyisihkan 50-70% dari suspended solid tanpa bantuan kimia, 80-90%, penyisihan TSS dengan bantuan bahan kimia dan 25-40% BOD. Adapun efisiensi kemampuan penyisihan TSS dan BOD pada Bak Sedimentasi dipengaruhi oleh :

1. Aliran angin.
2. Suhu udara permukaan.
3. Dingin atau hangatnya air yang menyebabkan perubahan kekentalan air.
4. Suhu terstratifikasi dari iklim.
5. Bilangan eddy.

Design Bak Pengendap ada beberapa jenis yaitu :

- 1) Rectangular



**Gambar 2.5** Denah dan Potongan Sedimentasi *Rectangular*

Sumber : Metcalf & Eddy, 2003.

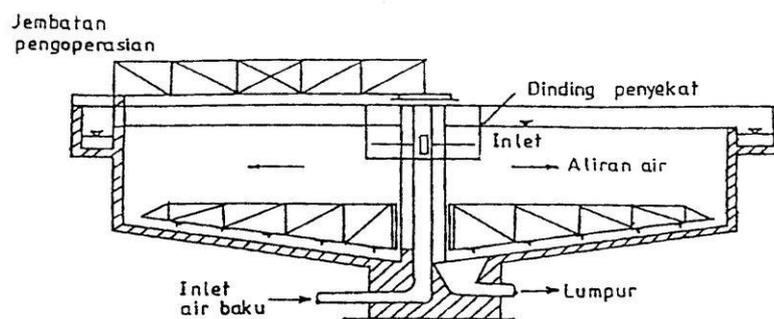
Karena distribusi aliran pada bak persegi ini sangat kritis, salah satu inlet didesain untuk (Metcalf & Eddy, 2003) :

- a. Lebar saluran inlet dengan inlet limpahan.
- b. Saluran inlet dengan port dan orifice,
- c. Saluran inlet dengan lebar bukaan dan *slotted baffles*

## 2) Circular

Pada tangka circular pola aliran adalah berbentuk aliran radial. Pada tengah-tengah tangka, air limbah masuk dari sebuah sumur sirkular yang didesain untuk mendistribusikan aliran ke semua bangunan ini. Diameter dari tengah-tengah sumur biasanya antara 15-20% dari diameter total tangka dan range dari 1-2,5 meter dan harus mempunyai energi tangensial (Metcalf & Eddy, 2003)

Kriteria – kriteria yang diperlukan untuk menentukan ukuran bak sedimentasi adalah : Surface Loading (beban permukaan), kedalaman bak, dan waktu tinggal. Nilai waktu tinggal merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bak dengan kecepatan seragam yang sama dengan aliran rata-rata per hari (Metcalf & Eddy, 2003)



Gambar 18. Kolam Pengendapan Silinder

**Gambar 2.6** Potongan Bak Pengendap *Circular*

### 2.4.4 Sludge Treatment

Dari pengolahan air limbah maka hasilnya adalah berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah untuk mereduksi kadar lumpur dan memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman. Sludge dalam disposal sludge memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena:

- Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang bertanggung jawab untuk menimbulkan bau
- Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.
- Hanya sebagian kecil dari sludge yang mengandung solid (0,25% - 12% solid).

Jenis-jenis unit pengolahan lumpur meliputi:

a. Sludge Thickener

Sludge thickener adalah suatu bak yang berfungsi untuk menaikkan kandungan solid dari lumpur dengan cara mengurangi porsi fraksi cair (air), sehingga lumpur dapat dipisahkan dari air dan ketebalannya menjadi berkurang atau dapat dikatakan sebagai pemekatan lumpur. Tipe thickener yang digunakan adalah gravity thickener dan lumpur berasal dari bak pengendap I dan pengendap II. Pada sistem gravity thickener ini, lumpur diendapkan di dasar bak sludge thickener.

b. Sludge Drying Bed

Sludge drying bed merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan dari thickener. Bak ini berbentuk persegi panjang yang terdiri dari lapisan pasir dan kerikil serta pipa drain untuk mengalirkan air dari lumpur yang dikeringkan. Waktu pengeringan paling cepat 10 hari dengan bantuan sinar matahari.

## 2.5 Persen Removal

Tujuan dari proses pengolahan limbah adalah menurunkan beban pencemar pada limbah tersebut. Banyaknya penurunan beban pencemar tersebut dinyatakan dalam bentuk persentase yang digunakan untuk menilai seberapa efektifnya suatu bangunan dalam menurunkan beban pencemar. Setiap bangunan memiliki kemampuan menurunkan beban pencemar yang berbeda-beda. Berikut merupakan persentase penurunan beban pencemar berdasarkan beberapa literasi yang digunakan.

**Tabel 2.3** Persen Removal Unit Pengolahan Air Limbah

Unit	Parameter	% removal	Sumber
Saluran pembawa	-	-	-
Screen	-	-	-
Bak Ekualisai	pH	-	-
Koagulasi	-	-	-
Flokulasi	-	-	-
Bak Pengendap II	TSS	50 – 70 %	Metcalf & Eddy, Wastewater
	BOD	25 – 40 %	Engineering ; Treatment and Reuse 4th Edition , hal 396

	Total Krom	99 %	(Asmadi et al., 2009), Pengurangan Chrom (Cr) Dalam Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali Ca(OH) <sub>2</sub> , Naoh Dan NaHCO <sub>3</sub> (Studi Kasus Pt. Trimulyo Kencana Mas Semarang)
Activated sludgge	BOD	85 - 95 %	Sperling (2007), Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors. Hal 13
	COD	85 - 90 %	
Bak Pengendap III	TTS	60 – 80 %	Huisman (2004), Sedimentation and Flotation, hal 12
	BOD	30 – 50 %	
Sludge Drying Bed	-	-	-

## 2.6 Profil hidrolis

Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis “hidrolik grade line” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influen/effluen) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, untuk mengetahui kebutuhan pompa, dan untuk memastikan tingkat terjadinya banjir atau luapan air akibat aliran balik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut :

### 1) Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu:

- Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
- Kehilangan tekanan pada bak
- Kehilangan tekanan pada pintu
- Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus di hitung secara khusus.

### 2) Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan

bangunan pengolahan adalah sebagai berikut :

- Kehilangan tekanan pada perpipaan  
Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William”  $Q$  atau  $V$  diketahui maka  $S$  didapat dari monogram.
- Kehilangan tekanan pada aksesoris  
Cara yang mudah adalah dengan mengekuivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekuivalen sekaligus  $S$ .
- Kehilangan tekanan pada pompa  
Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.
- Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok  
Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

### 3) Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga dapat mempengaruhi pada proses pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara:

- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.
- b. Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air pada clear well.
- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake.

Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.